

Momento magnético de un imán

*Petriella Alberto, Rodriguez Imazio Paola, Urdaniz Corina.
albertopetriella@hotmail.com, paolaimazio@hotmail.com, oersted@hotmail.com
Facultad de Ciencias Exactas, Laboratorio de Fisica 3, año 2003.
Profesor Dr. Salvador Gil.*

Resumen

Se determino el momento magnético del imán y el campo magnético terrestre a estudiando las oscilaciones de un dipolo magnético (imán) en presencia de un campo magnético originado por un par de bobinas de Helmholtz.

Introducción

En este trabajo analizamos las oscilaciones, de un pequeño imán, a lo largo del eje de una bobina circular. La magnitud experimental que medimos es la frecuencia de oscilación un imán.

Una bobina de Helmholtz consiste de dos bobinas circulares de radio R y separadas por una distancia igual a su radio. Si ambas espiras tienen un número de arrollamiento igual a N y por ambas espiras circula una corriente I (en el mismo sentido), se tiene que el campo magnético en el centro de las espiras es constante dentro de un volumen de radio R³.

El valor de este campo viene dado por ^[1-3]:

$$B_z(z) = \mu_0 \cdot \frac{8}{\sqrt{125}} \cdot \frac{N \cdot I}{R} \quad (1)$$

Si en el centro de las bobinas colgamos de un hilo un imán permanente, el mismo se orientara en la dirección del campo magnético B de la bobina. Para colgar el imán es conveniente usar un hilo liviano y blando, que no ejerza un torque apreciable al torcerlo.

Un aspecto a tener en cuenta es que el imán tiene longitud finita. Como el radio del imán es mucho menor que el radio de la bobina se puede considerar que en la región que ocupa el imán el campo magnético es uniforme y está dado por la ecuación (1).

Para un imán que oscila en campo magnético uniforme, unido a un péndulo de torsión la frecuencia está dada por:

$$\omega_0^2 = \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 = \frac{m_B \cdot B}{I} \quad (2)$$

donde I representa el momento de inercia del imán, m_B su momento magnético y B el campo magnético externo (producido por las bobinas de Helmholtz). Suponemos que el campo magnético terrestre no modifica esta frecuencia porque la posición de equilibrio, alrededor de la que el imán realiza pequeñas oscilaciones, es perpendicular a la dirección del campo magnético terrestre. De esta manera, al apartarse el imán de la posición de

equilibrio se produce una variación en la intensidad y dirección del campo magnético muy pequeña que puede despreciarse.

Conociendo la frecuencia de oscilación y el campo sobre el imán, es posible obtener el momento magnético del imán utilizado, mediante (2).

Desarrollo Experimental

Medición del momento magnético de un imán

El dispositivo utilizado para esta parte de la experiencia se compone de un imán de radio "a" y altura "h" y una bobina de Helmholtz de radio "R" (Figura 1).

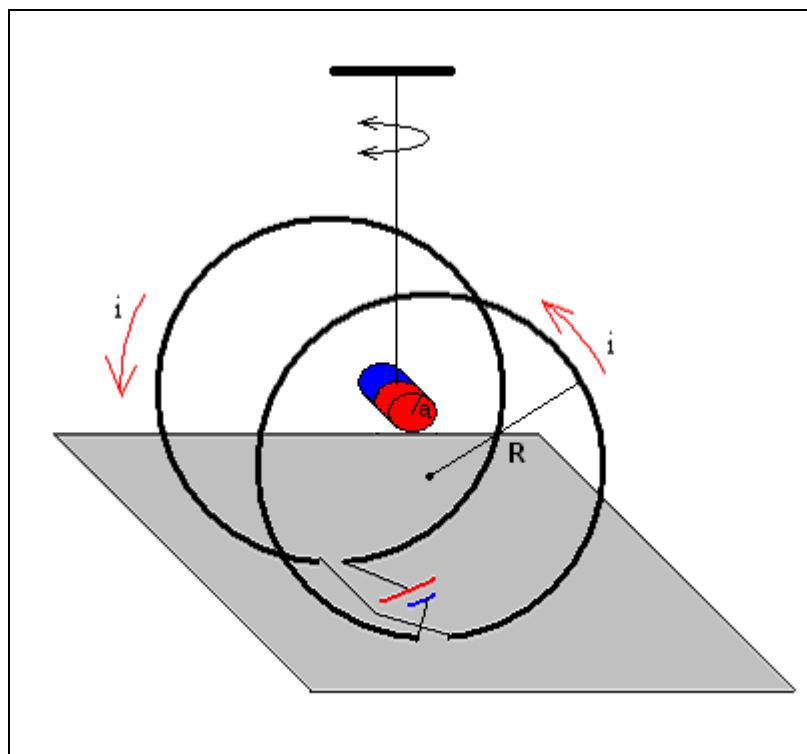


Figura 1
Montaje del experimento

Al colgar el imán, de este par de espiras, el mismo se orientara en dirección del campo magnético B.

Previo a este paso debemos calibrar la bobina (Apéndice) para asegurarnos que el campo magnético apunte en la misma dirección para ambas espiras.

Si mediante una fuente variable hacemos circular corriente por medio de las espiras, el imán comenzara a oscilar debido al apartamiento de su posición de equilibrio.

Podemos medir este periodo de oscilación ω mediante un fotointerruptor colocado debajo del imán, conectado, a su vez, a un sistema de adquisición de datos de PC.

Según la **ecuación 2**, podemos graficar el campo magnético generado por la circulación de corriente en las espiras, en función de la frecuencia de oscilación ω al cuadrado, y obtener de la pendiente el valor del momento magnético del imán m_B .

Una vez calculado el momento de inercia del imán (Apéndice 1), medimos las frecuencias de oscilación variando la corriente un rango de 8 mA hasta 51 mA. Los resultados obtenidos se muestran en la **Figura 2**.

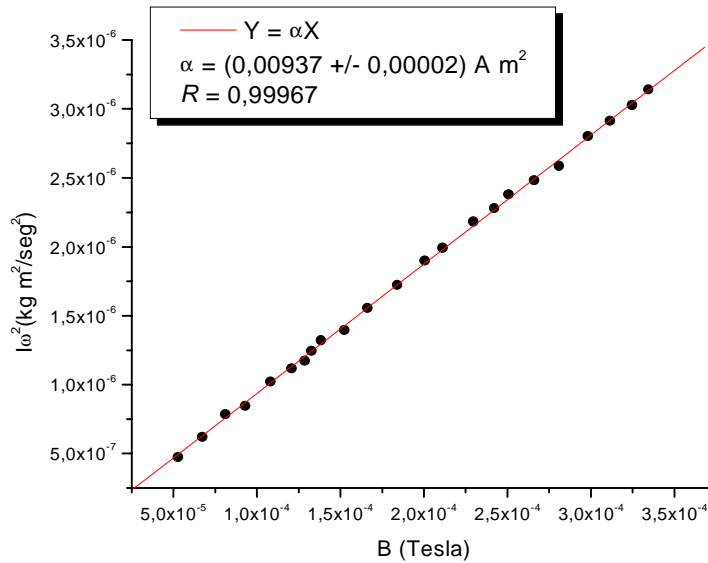


Figura 2

Gráfico de B en función de ω^2 .

El valor obtenido del coeficiente de ajuste es $m_B = 0,02853 \pm 0,00016$ A.m² con un coeficiente de correlación $R = 0,99967$. Debe tenerse en cuenta que el error que figura para m_B solo es el arrojado por el ajuste lineal. El valor real para el error del momento magnético se obtuvo teniendo en cuenta el resto de los parámetros utilizados para hallar dicha magnitud.

Según el apéndice, se obtiene: $m_B = 0,02853 \pm 0,05$ Am².

Estimación del campo magnético terrestre

Es posible medir el campo magnético de la tierra utilizando el mismo dispositivo.

Para esto solo basta con medir el periodo de oscilación del imán en el momento que se interrumpe la circulación de corriente por las espiras.

Al desconectar las espiras de la fuente de corriente el imán permanecerá oscilando según el campo terrestre hasta amortiguarse del todo. Medimos $\omega = 1,221$ Hz y tomamos

como valor de m_B el calculado anteriormente Así, el valor obtenido para el campo terrestre, a partir de la **ecuación 2** fue: $B=(0,000014 \pm 0,00002) T=(0,114 \pm 0,002) G$. El valor del campo magnético terrestre tomado en las tablas es de aproximadamente 0,5 G.

Conclusiones

El proceso de medición arrojó resultados que se ajustan correctamente con lo predicho teóricamente a partir de la **ecuación 2**, lo que permitió obtener el valor del momento magnético del imán.

El valor del campo magnético terrestre, es menor que el valor real, aunque esta dentro del orden de magnitud.

La diferencia entre estos valores puede ser atribuida, en parte, a la presencia de materiales metálicos dentro del laboratorio, como vigas, patas de las mesas, etc. Otra de las razones podría ser una mala orientación del imán.

Una forma de superar estas dificultades sería aislando el experimento lo más posible en cuanto a materiales metálicos, y utilizar una superficie correctamente nivelada, que asegure el paralelismo entre el eje longitudinal del imán y el campo magnético de las espiras.

Apéndice

Para **calibrar la bobina** de Helmholtz, simplemente hacemos circular corriente por cada espira (por separado y en el mismo sentido) y por medio de una brújula, verificamos la dirección del campo magnético.

Si la orientación del campo es distinta para cada espira es probable que los devanados estén en sentido opuesto, con lo cual, solo basta con girar una de las bobinas para cambiar el sentido del campo.

Las dimensiones del imán utilizado son: radio $r=5.99 \pm 0.02$ mm, altura $L=10 \pm 0.02$ mm, masa $m= 8.3506 \pm 0.0001$.

Utilizando la formula:

$$I=m.(r^2/4 + L^2/12)$$

el valor del **momento de inercia del imán** es $I=2.1939531.E-7 \pm 5.03.E-7$ Kg. m².

Propagando errores obtuvimos la incerteza al calcular el momento de inercia según:

$$\Delta I=[m^2.(r^2/4 + L^2/12)^2. \Delta m^2 + (m.r. \Delta r/2)^2 + (L.\Delta L/6)^2]^{1/2}.$$

También determinamos el valor del error al calcular el campo magnético terrestre por medio de la propagación de errores.

$$\frac{\Delta B}{mB^2}=[(\frac{2.\omega_0.I.\Delta\omega_0}{mB^2})^2+(\frac{\omega^2.\Delta I}{mB^2})^2+(\frac{\omega_0^2.I.\Delta mB}{(mB^2)^2}]^{1/2}$$

En particular, para los valores medidos: $\Delta B = 0.0000263 \text{ N/A.m}$

Según la ecuación (2), la expresión para mB es: $J\omega^2/B = mB$. El valor del error de esta magnitud es:

$$\Delta m = \frac{\Delta(I\omega^2)}{I\omega^2} + \frac{\Delta B}{B}$$

Según nuestros cálculos, el primer término es aproximadamente 0,03 y el segundo es aproximadamente 0,02, con lo cual, el error para mB será: $0,05 + 0,00016 = 0,05016$. Esto es aproximadamente 0,05, es decir un 5%.

Referencias

1. Purcell, E. M., Berkeley physics course, vol.2, Electricidad y Magnetismo, Reverte.
2. Jackson, J. D., Electrodinámica Clásica, Alambra, S.A., Madrid, 1971; ed. Inglesa de J. Wiley and Sons, New York, 1991
3. Salvador Gil, Eduardo Rodríguez, Física Re-Creativa, Prentice Hall, Buenos Aires, 2001.

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración del profesor Salvador Gil.